

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/CH05/000209

International filing date: 15 April 2005 (15.04.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: CH  
Number: 1957/04  
Filing date: 26 November 2004 (26.11.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 25 April 2005 (25.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



PCT/CH 20 05 / 000209

**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
CONFÉDÉRATION SUISSE  
CONFEDERAZIONE SVIZZERA**

**Bescheinigung**

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

**Attestation**

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

**Attestazione**

I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern, **15. April 2005**

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum  
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle  
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Administration Patente  
Administration des brevets  
Amministrazione dei brevetti

  
Jenni Heinz

de la Propriété Intellectuelle

Institut de l'Édition

1

**Hinterlegungsbescheinigung zum Patentgesuch Nr. 01957/04 (Art. 46 Abs. 5 PatV)**

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:

Lichtemittierendes Paneel.

Patentbewerber:

LUCEA AG

c/o Wey & Spiess Treuhand- und Revisionsgesellschaft  
Gotthardstrasse 18  
6300 Zug

Vertreter:

Frei Patentanwaltsbüro AG  
Postfach 524  
8029 Zürich

Anmeldedatum: 26.11.2004

Voraussichtliche Klassen: G09F, H01L



## LICHTEMITTIERENDES PANEEL

Die Erfindung betrifft das Gebiet von Leuchtpaneelen mit LEDs, d.h. von abschnittsweise flächigen Lichtgebern mit einer Mehrzahl von lichtemittierenden Halbleiterdioden (LEDs) als Lichtquellen.

5 Solche Leuchtpaneele, die auch den Vorteil der Konfektionierbarkeit haben, sind aus den Schriften EP 1 055 256 und WO 03/023857 sowie auch aus der WO2004/102064 bekannt.

10 Bei solchen Leuchtpaneelen gehören die Langzeit-Stabilität auch unter schwierigen Bedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Schadstoffeinwirkung) sowie die kostengünstige Herstellbarkeit zu den Grundvoraussetzungen. Ausserdem existiert für viele Anwendungen ein Bedarf, das relativ schmalbandige Emissionsspektrum von LEDs den jeweiligen Bedürfnissen anzupassen. Bei der Frequenzkonversion mittels Fluoreszenzfarbstoffen sollten einerseits ein möglichst hoher Wirkungsgrad und andererseits eine möglichst gute Homogenität erreicht werden.

15 Das Zur-Verfügungstellen von technischen Lösungen für Leuchtpaneele unter diesen Gesichtspunkten ist eine Aufgabe der Erfindung.

Gemäss einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein lichtemittierendes Paneel zur Verfügung gestellt, welches eine Mehrzahl von ungehäusten LED-Chips sowie eine Folie aufweist, welche eine Mehrzahl von LED-Chips vor Umwelteinflüssen schützend abdeckt und von diesen abgesandtes Licht mindestens teilweise beeinflusst, beispielsweise frequenzkonvertiert.

Unter „Paneel“ versteht man ein mindestens abschnittsweise flächiges Element, das dimensionsstabil oder flexibel sein kann und eine Mehrzahl von vorzugsweise in einem regelmässigen Raster angeordneten lichterzeugenden Elementen enthält. Im Kontext dieser Schrift sind die lichterzeugenden Elemente immer LED-Chips, d.h. ungehäuste LEDs.

Gemäss einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Folie von distanzhaltenden Elementen in einem Abstand zu der lichtemittierenden Fläche der LED-Chips so gehalten, dass keine Wärmebrücke zwischen der Folie und den Chips besteht. Beispielsweise können zwischen der Folie und einem die LED-Chips tragenden und elektrisch kontaktierenden Trägerelement Distanzhalteelemente in der Form von Stäben oder Stegen aus einem nicht-metallischen thermisch schlecht leitenden Material, bspw. aus Kunststoff oder in der Form einer transparenten Schicht angebracht sein. Es kann auch sein, dass die LED-Chips von druckfesten, die LED-Chip an Höhe überragenden Elementen mit blenden- oder hohlspiegelartigen Öffnungen umgeben sind und dass die Folie als zusätzliche Schutzfolie auf die gemeinsame Oberfläche dieser Elemente aufgebracht ist. Stattdessen kann die Folie auch an zwischen den Elementen angebrachten Distanzhalteelementen oder an auf einer Oberseite der blenden- oder hohlspiegelartigen Elemente angebrachten, thermisch isolierenden Distanzhaltern befestigt sein.

- Gemäss einem ersten Unteraspekt des ersten Aspekts ist die Folie eine Konversionsfolie oder eine Diffusorfolie, d.h. sie enthält floureszierende Farbstoffe und/oder Diffusoren. Der Floureszenzfarbstoff (er wird hier auch Konversionsfarbstoff genannt) und/oder die Diffusoren sind in einen ersten
- 5 Schichtaufbau eingebettet. Ein zweiter Schichtaufbau ist auf der den lichterzeugenden Elementen zugewandten Seite des ersten Schichtaufbaus angeordnet. Der erste und der zweite Schichtaufbau bestehen je aus einer oder mehreren Schichten. Vorzugsweise besitzen alle Schichten des ersten Schichtaufbaus und alle Schichten des zweiten Schichtaufbaus je einen ähnlichen Brechungsindex,
- 10 d.h. die Brechungsindexdifferenzen zwischen Schichten innerhalb des ersten bzw. des zweiten Schichtaufbaus sind klein, beispielsweise maximal 0.1 oder maximal 0.05. Hingegen gibt es einen substantiellen Unterschied zwischen den Brechungsindizes der Schichten des ersten Schichtaufbaus und der Schichten des zweiten Schichtaufbaus, wobei der Brechungsindex der Schichten des ersten
- 15 Schichtaufbaus klein – beispielsweise kleiner als 1.5, und der Brechungsindex der Schichten des zweiten Schichtaufbaus möglichst gross – beispielsweise grösser als 1.5 – ist. Der Übergang zwischen einer Grenzschicht des ersten Schichtaufbaus und einer Grenzschicht des zweiten Schichtaufbaus ist nicht flach sondern besitzt zur Schichtungsebene einen Winkel bildende oder eventuell gewellte Grenzflächen. In
- 20 einer bevorzugten Ausführungsform bildet der Übergang im Querschnitt eine „Zickzack“-Struktur, d.h. die Grenzflächen bilden abwechselungsweise einen negativen und einen positiven Winkel zu der Schichtungsebene. Der Winkel muss im Betrag nicht konstant sein, sondern kann eventuell variieren und bspw. auch im Querschnitt sägezahn-ähnlich verlaufen.
- 25 Der Grund für diesen Aufbau ist der Folgende: Von einem Konversionsfarbstoff oder von einem Diffusor ausgesandtes Licht (im Folgenden „Sekundärlicht“ genannt) ist prinzipiell nicht gerichtet. Aufgrunddessen werden wesentliche Anteile des Sekundärlichtes zurück in die Richtung, in der sich die lichterzeugenden Elemente befinden (also nach „hinten“) oder seitlich abgestrahlt und gehen verloren. Aufgrund



- des erfindungsgemässen Aufbaus wird nach hinten abgestrahltes Licht an einer schrägen Grenzfläche zum Lot hin gebrochen. Für einen grossen Teil der – statistisch verteilten – Einfallswinkel ergibt sich ein zum Schichtaufbau flacherer Winkel, so dass an einer hinteren – also vom ersten Schichtaufbau abgewandten – Grenzfläche
- 5 des zweiten Schichtaufbaus ein grosser Teil des Lichtes zurückreflektiert und verbleibt in der Folie. Nach einer erneuten Brechung am Übergang zwischen zweitem und erstem Schichtaufbau kann das Licht nach vorne –also nutzbringend – abgestrahlt werden. Wenn die Folie Diffusoren enthält, kann das Licht auch erneut durch Diffusoren gestreut werden.
- 10 Der Wirkungsgrad dieser Anordnung kann noch erhöht werden, wenn auch die Oberfläche, also der Übergang zwischen dem Schichtaufbau und einem Umgebungsmedium, nicht-ebene Grenzflächen beinhaltet. Beispielsweise kann der Verlauf dieses Übergangs dem Verlauf des Übergangs zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau folgen, so dass die Dicke des ersten Schichtaufbaus in
- 15 Funktion der Position in der Schichtebene näherungsweise konstant ist. „Näherungsweise konstant“ heisst beispielsweise, dass die Ausdehnung in z-Richtung (d.h. der Richtung senkrecht zur Schichtungsebene) nicht um mehr als ein Drittel der durchschnittlichen Dicke variiert. Besonders bevorzugt sind Ausführungsformen, bei denen die Position in z-Richtung des Überganges zwischen
- 20 dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau und diejenige des Überganges zwischen dem ersten Schichtaufbau und dem Umgebungsmedium um einen Wert variiert, welcher mindestens  $\frac{2}{3}$  der Dicke des ersten Schichtaufbaus beträgt. Dann werden Lichtleitereffekte innerhalb des ersten Schichtaufbaus praktisch verhindert.
- Insgesamt bringt der Aufbau gemäss dem ersten Unteraspekt also eine erhöhte
- 25 Abstrahleffizienz bei gegebener Leuchtleistung der lichterzeugenden Elemente.

- Das Konzept des ersten Unteraspekts kann auch unabhängig vom ersten Aspekt der Erfindung verwendet werden, beispielsweise indem das vorstehend erläuterte Schichtsystem mit erstem und zweitem Schichtaufbau direkt auf ein OLED (Organisches lichtemittierendes Element) aufgebracht wird. Es kann auch in einer
- 5 beliebig verwendbaren Konversionsfolie realisiert sein. Eine solche Konversionsfolie besitzt bspw. noch eine Trägerfolie, auf welche das unter Umständen mechanisch nicht stabile erfindungsgemässe Schichtsystem aufgebracht ist. Anstelle einer Konversionsfolie kann das erfindungsgemässe Schichtsystem auch in einer mechanisch steifen Konversionsplatte realisiert sein.
- 10 Gemäss einem zweiten Unteraspekt des ersten Aspekts der Erfindung geht es um die vergleichsweise geringe spektrale Breite der Emissionsspektren von Leuchtdioden und der Absorptionsspektren von Konversionsfarbstoffen sowie um das Erzeugen einer homogenen Abstrahlcharakteristik des lichtemittierenden Paneels.
- Dazu besitzt das Panel mit einem Array von elektrisch kontaktierten LED-Chips pro
- 15 LED-Chip bzw. Einheit von mehreren LED-Chips ein hohlspiegelartiges oder blendenartiges optisches Element, durch welches die abgestrahlte elektromagnetische Strahlung auf einen vergleichsweise kleinen Raumwinkel um eine Abstrahlrichtung herum konzentriert werden kann. Solche optische Elemente sind in der internationalen Patentanmeldung PCT/CH2004/000263 (insbesondere in Fig. 3a-3h
- 20 und deren Beschreibung) sowie in den schweizerischen Patentanmeldungen 663/04 (Fig. 1b-1d) und 1425/04 gezeichnet. Auf den Inhalt dieser Patentanmeldungen wird hier diesbezüglich ausdrücklich verwiesen, und deren Inhalt wird hiermit zum Bestandteil dieser Anmeldung gemacht. Gemäss dem zweiten Unteraspekt ist die Konversionsfolie in einem Abstand  $d$  von einem die LED-Chips und die optischen
- 25 Elemente tragenden Trägerelement angeordnet. Die optischen Elemente sind so ausgeformt und/oder angeordnet, dass Untergruppen von mehreren LED-Chips bzw.

Einheiten von LED-Chips gebildet werden, deren abgestrahltes Licht in der Ebene der Folie – also im Abstand  $d$  – zusammenfällt.

- Dies erlaubt in einer ersten Variante, in jeder Untergruppe LED-Chips mit leicht verschiedenen Primärlicht-Wellenlängen zu verwenden, wenn die Folie eine
- 5 Konversionsfolie ist. Dann kann die Summe der Emissionsspektren der LED-Chip relativ breit sein. Dadurch wird es möglich, für das erzeugte Sekundärlicht eine konstante Abstrahlcharakteristik bezüglich Helligkeit und Wellenlänge (Farbe) zu erreichen. Dies ist insbesondere dort vorteilhaft, wo ein gleichbleibender optischer Eindruck wichtig ist.
- 10 Gemäss einer zweiten Variante ist die Folie eine Diffusor-Folie und die LED-Chips sind RGB-Chips mit der geeigneten Mischung (d.h. Chips mit Primärlichtemission in den Farben Rot, Grün und Blau, deren Spektrum sich zu Weisslicht oder zu einem beliebig farbigem Licht ergänzt). Die erfindungsgemässe Ausgestaltung erreicht, dass das Paneel für den Betrachter wirklich als weiss erscheint und nicht bei
- 15 genauerem Hinsehen als Überlagerung roter, grüner und blauer Punkte.

In beiden Varianten kann die Konversions- bzw. Diffusorfolie durch eine Maskenschicht ergänzt sein, welche einen Lichtein- oder eventuell Austritt tritt in die Folie bzw. aus der Folie nur an denjenigen Stellen zulässt, in denen sich die Primärlichtstrahlen kreuzen. So können Randeffekte ausgeblendet werden.

- 20 Besonders bevorzugt – aber nicht zwingend – ist die gleichzeitige Anwendung beider Unter Aspekte, d.h. die Kombination der Folie mit dem ersten und zweiten Schichtaufbau und dem nicht-flachen Übergang mit dem vorstehend erläuterten zweiten Unter Aspekt.

Gemäss beiden Unteraspekten des ersten Aspekts kann die Folie so angeordnet sein, dass keine Wärmebrücke zu den LED-Chips vorhanden ist, und dass die Folie daher vergleichsweise kühl bleibt. Dies erlaubt die Verwendung auch von Konversionsfarbstoffen, deren Quanteneffizienz schon bei Temperaturen um 50°C  
5 oder bei leicht darüber liegenden Temperaturen stark abnimmt. Im Vergleich zum Stand der Technik stehen also deutlich mehr Konversionsfarbstoffe zur Verfügung, darunter auch besonders effiziente und/oder besonders kostengünstige anorganische Farbstoffe.

Gemäss einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Paneel mit einem  
10 Trägerelement und einer Vielzahl von ungehäusten LED-Chips zur Verfügung gestellt, wobei jedem LED-Chip oder jeder Einheit von wenigen beieinander angeordneten LED-Chips eine Hülle zugeordnet ist, welche den Konversionsfarbstoff enthält und direkt auf dem LED-Chip/den LED-Chips bzw. einer oder mehreren diesen lokal Umgebenden transparenten Schutzschichten  
15 aufliegt. Die Dicke der gesamten Hülle ist so, dass sie der Form des Chips folgt. Die Hülle ist bspw. in einem Dünnschichtverfahren hergestellt. Vorzugsweise beträgt die Dicke höchstens 10 µm, bspw. maximal 5 µm oder maximal 2µ. Dies ist deutlich weniger als die machbare minimale Chipdicke von heute 50 bis 100 µm.

Für die Serienproduktion wird die Umhüllung der Chips eines Paneels gleichzeitig in  
20 einem „Batch“-Prozess, beispielsweise im Vakuum mittels einer Maske so aufgebracht, dass definierte Zonen entstehen, in welchen jeweils ein Chip und eventuell ein Kontaktpad/Kontaktpads von diesen kontaktierenden Drahtbonds eingebettet ist/sind.

Nebst der mindestens teilweisen Frequenzkonversion der von den Chips erzeugten  
25 elektromagnetischen Strahlung erfüllt die Hülle auch eine Schutzfunktion.

Gemäss einem ersten Unteraspekt des zweiten Aspekts wird die Konversionshülle mittels einer Maske auf das Paneel mit bereits elektrisch kontaktierten (gebondeten) Chips aufgebracht. Der Chip und auch die elektrischen Kontakte sind dann komplett geschützt vor Sauerstoff und passiviert. Wenn das Aufbringen der Konversionshülle  
5 im Vakuum geschieht, können alle Vakuum-Prozesse ablaufen, ohne dass das Vakuum gebrochen wird.

Gemäss einem zweiten Unteraspekt wird die Konversionshülle auf das Paneel aufgebracht, welches noch nicht elektrisch kontaktierte bzw. erst auf ihrer Unterseite elektrisch kontaktierte (durch ‚die bonding‘ befestigte) Chips aufweist. Dann müssen  
10 die elektrischen Kontakte für die zweite elektrische Kontaktierung – also sowohl die „Pads“ als auch eine Kontaktfläche auf der Vorderseite der Chips – beim Versehen mit der Konversionshülle frei gelassen werden. Eine anschliessende Kontaktierung kann beispielsweise mittels eines transparenten elektrisch leitfähigen Materials erfolgen, welches flächig lokal auf eine Umgebung des Chips aufgebracht wird, oder  
15 mittels eines auf dem Chip radial verlaufende schmale Streifen bildenden metallischen Materials. Das spart einerseits einen Drahtbond und ermöglicht andererseits, dass ein Potential zum Platz sparen besteht: Ein Kontakt-‚Pad‘ kann als schmaler, den Chip umgebender Streifen ausgebildet sein und muss nicht als verhältnismässig grosse, neben dem Chip ausgebildete Fläche vorhanden sein. Dies  
20 ermöglicht, eine Erhöhung der Packungsdichte, zumindest in Ausführungsformen, in denen diese nicht durch den Wärmeabtransport begrenzt ist.

Mit „fluoreszierenden Farbstoffen“ sind in diesem Text immer Farbstoffe gemeint, die elektromagnetische Strahlung einer ersten Wellenlänge absorbieren und daraufhin elektromagnetische Strahlung einer zweiten, davon verschiedenen  
25 Wellenlänge abgeben. Phosphoreszierende Farbstoffe – d.h. Farbstoffe der genannten Art, bei denen zwischen der Absorption und der Emission eine gewisse Zeit verstreicht – sind ausdrücklich mitgemeint.

Im Folgenden werden Ausführungsformen der Erfindung anhand von Zeichnungen näher beschrieben. In den Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Folie für ein Leuchtpaneel gemäss dem ersten Unteraspekt des ersten Aspekts der Erfindung.
- 5 - Fig. 1a eine Ansicht eines möglichen Verlaufs des Übergangs zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau in einer Folie gemäss Fig. 1.
- Fig. 1b einen schematischen Querschnitt durch ein Leuchtpaneel gemäss dem ersten Aspekt der Erfindung.
- 10 - Fig. 2 einen schematischen Querschnitt durch einen Ausschnitt aus einem Leuchtpaneel gemäss dem zweiten Unteraspekt des ersten Aspekts der Erfindung.
- Fig. 3 eine qualitative Darstellung der Überlagerung der Emissionsspektren von mehreren verschiedenen LED-Chips und zum Vergleich ein Absorptionsspektrum eines Konversionsfarbstoffes
- 15 - Fig. 4 und Fig. 4a einen Querschnitt durch das Prinzip je einer Reflex-OLED-Folie.
- Fig. 5 einen Ausschnitt eines Leuchtpaneels gemäss dem zweiten Aspekt der Erfindung im Querschnitt.

- Fig. 6 und 6a je einen Ausschnitt eines weiteren Leuchtpaneels gemäss dem zweiten Aspekt der Erfindung.

In **Figur 1** gezeichnete Folie 10 dient dazu, von lichtemittierenden Elementen ausgesandte elektromagnetische Strahlung (Licht, UV-Licht) mindestens teilweise in  
5 Licht längerer Wellenlänge umzuwandeln. In der gewählten Darstellung trifft Primärstrahlung von unten her auf die Folie und wird als Sekundärstrahlung gegen oben („gegen vorne“) abgestrahlt. Die Folie besitzt einen ersten Schichtaufbau bestehend aus einer ersten Schutzschicht 11, einer Konversionsschicht 12, d.h. einer an sich transparenten Schicht mit mindestens einem Konversionsfarbstoff, und eine  
10 zweite Schutzschicht 13. Auf der den lichtemittierenden Elementen zugewandten Seite des ersten Schichtaufbaus ist ein zweiter Schichtaufbau vorhanden, welcher im gezeichneten Beispiel aus einer einzigen Schicht, nämlich der Reflexionsschicht 15 besteht. Der Übergang zwischen der zweiten Schutzschicht 13 und der Reflexionsschicht 15 ist nicht flach, sondern besteht aus schrägen, d.h. zur  
15 Schichtungsebene – also der Horizontalen – einen Winkel bildenden Flächen. Die Flächen können bspw., wie das in der **Figur 1a** skizziert ist, so verlaufen, dass jeweils vier Teilflächen (linke Zeichnung) oder sechs Teilflächen (rechte Zeichnung) in der Art von Pyramiden zu einer Spitze 13.1 hin zulaufen. Die gezeichnete Pyramidenform ist aber nicht zwingend; es können bspw. auch ungleiche Flächen  
20 vorhanden sein oder es kann eine andere Form gewählt werden. Wichtig ist lediglich, dass eine Mehrheit der den Übergang bildenden Grenzflächen zur Schichtungsebene einen Winkel bildet. Dies kann unter Umständen auch durch eine Welligkeit des Übergangs erreicht werden.

Der Winkel der Grenzflächen zur Schichtungsebene – also in der gezeichneten  
25 Anordnung der Winkel zwischen der Grenzflächen-Normale und der Vertikale – beträgt zwischen  $10^\circ$  und  $60^\circ$ , vorzugsweise mindestens  $12^\circ$  und höchstens  $45^\circ$ .

Besonders gute Ergebnisse werden erzielt, wenn nebst dem Übergang zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau auch der Übergang zwischen dem ersten Schichtaufbau und dem Umgebungsmedium – i.A. Luft –, also die äussere Oberfläche der Folie Grenzflächen aufweist, welche zur Horizontalen einen Winkel bilden. Vorzugsweise ist auch der Winkel dieser Grenzflächen zur Schichtungsebene zwischen  $12^\circ$  und  $45^\circ$ .

Die Verläufe der beiden genannten Übergänge können im Prinzip voneinander unabhängig sein. Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform sind die Grenzflächen aber so ausgestaltet, dass die Variation der Position des Übergangs zwischen erstem und zweitem Schichtaufbau – also die Pyramidenhöhe entsprechend quasi der „Auslenkung“ in z-Richtung – mindestens  $2/3$  der Dicke des ersten Schichtaufbaus beträgt. Die Auslenkung kann beispielsweise dem Betrag der Dicke des ersten Schichtaufbaus entsprechen. Dann muss der Verlauf der Grenzflächen korreliert sein. Idealerweise folgen wie in der Figur 1 gezeichnet die Flächen einander, so dass die z-Ausdehnung des ersten Schichtaufbaus konstant bleibt.

In dieser Ausführungsform wird der laterale Lichttransport ganz unterbunden.

Die Schichten des ersten Schichtaufbaus besitzen einen möglichst kleinen und möglichst ungefähr gleichen Brechungsindex, beispielsweise  $n \approx 1.3$ . Beispielsweise kann die Konversionsschicht – bis auf die Konversionsfarbstoffe – ein Fluorpolymer wie bspw. ein unter dem Handelsnamen Teflon erhältlicher Kunststoff sein. Die erste und zweite Schutzschicht können beispielsweise ebenfalls aus Teflon bestehen. Alternativ dazu können die Schutzschichten auch aus Materialien bestehen, die einen leicht höheren Brechungsindex haben, beispielsweise zwischen 1.4 und 1.5. Es kommt also auch Glas bzw.  $\text{SiO}_x$  in Frage, welches durch Aufdampfen oder Ausputtern aufgebracht wird. Ein weiteres mögliches Material ist aufgespritztes



Silikon. Die Schichten des ersten Schichtaufbaus müssen ganz allgemein folgende Eigenschaften haben:

- 5       - Optisch hohe Transparenz in einem Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1'000 nm; in diesem Bereich soll die Transmissivität mindestens 90% bei einer Dicke von 100  $\mu\text{m}$  betragen.
- Minimales Ausgasen bei Temperaturen von bis zu 100°C, da sonst in Herstellung oder Betrieb Blasen entstehen können.
- Die Konversionsschicht muss ein Auflaminieren oder Aufsprühen und Aushärten der beiden Schutzschichten schadlos und ohne Ausgasen überstehen. Falls die  
10       Schutzschichten aus Teflon bestehen, heisst dies beim Laminieren bei bis zu 350°C während einiger Sekunden.
- Die erste und zweite Schutzschicht sollen wasser- und wasserdampfdicht sein und nur eine geringe Diffusion von molekularem Sauerstoff zulassen. Idealerweise sind sie dünn im Vergleich zur den Farbstoff enthaltenden Schicht.
- 15       Die Reflexionsschicht bzw. die Schicht des zweiten Schichtaufbaus ist/sind wie die erste und zweite Schutzschicht transparent und besitzt/besitzen einen hohen Brechungsindex, beispielsweise  $1.6 < n$ . Zum Beispiel kann die Reflexionsschicht aus Polyimid ( $n=1.8$ ) bestehen. Die Reflexionsschicht kann sehr dünn sein, beispielsweise 10  $\mu\text{m}$  oder weniger und dar deshalb eine deutlich schlechtere  
20       Transmissivität aufweisen, beispielsweise eine Transmissivität von mindestens 90% bei einer Dicke von 20  $\mu\text{m}$ . Der Wirkungsgrad der Folie wird noch besser, wenn die

Reflexionsschicht einen noch höheren Brechungsindex aufweist. Es existieren transparente Materialien mit Brechungsindizes deutlich über 2, bspw. GaP, GaN, SiC, oder die sogenannten HMO-Gläser (Heavy-Metal-Oxide-Gläser). Diese Materialien sind aber zum Teil Dünnschicht-Materialien (d.h. gegenwärtig nur mit  
5 Dünnschichtverfahren aufzubringen). Da die Dicke der Reflexionsschicht den „Hub“ der Konversionsschicht (d.h. die Amplitude der Änderung der z-Position des Übergangs zwischen erstem und zweitem Schichtaufbau) ausgleichen muss, bedeutet das einen sehr kleinen Hub und daher vorzugsweise eine sehr dünne Konversionsschicht von bis zu weniger als 1 µm. Dafür geeignete Farbstoffe  
10 (nanostrukturiert, oder gelöst in der Konversionsschicht) sind zum Teil schon erhältlich oder in Labors in Arbeit.

Die gesamte Schichtdicke der Schichten des ersten Schichtaufbaus beträgt beispielsweise zwischen 10 µm und 200 µm, vorzugsweise weniger als 100 µm. Die Dicke der Reflexionsschicht variiert in der gezeichneten Ausführungsform als  
15 Funktion der x- und y-Position; auch sie kann zwischen 10 µm und 200 µm betragen. Bei geringen Dicken der ganzen Folie wird die Folie auf einem transparenten Träger (bspw. 1 mm Acrylglas) aufgebracht.

Abweichend von der hier beschriebenen Ausführungsform kann bspw. die zweite Schutzschicht 13 auch einen hohen Brechungsindex aufweisen; sie gehört dann zum  
20 zweiten Schichtaufbau.

Ausserdem sollen alle Schichten eine hohe Langzeit-Stabilität, aufweisen d.h. kein Vergilben und kein Verspröden zeigen. Der Verlust an Transmissivität beträgt beispielsweise maximal 10% nach einer Betriebsdauer von 100'000 Stunden bei 50°C. Unter denselben Bedingungen einer Betriebsdauer von 100'000 Stunden bei  
25 50°C werden die Materialien auch nicht brüchig.

Die Funktionsweise der Konversionsfolie ist die Folgende (vgl. auch den skizzierten Strahlengang in Fig. 1): von unten eintretende elektromagnetische Primärstrahlung – beispielsweise blaues oder ultraviolettes Licht oder auch sichtbares Licht einer anderen Wellenlänge– koppelt durch die Reflexionsschicht ein trifft auf die

5 Farbstoffe in der Konversionsschicht. Hier wird längerwelliges Licht in alle Richtungen abgegeben. Ein beträchtlicher Teil des nach hinten (d.h. in Richtung zurück zu den lichterzeugenden Elementen) abgestrahlten, längerwelligen Sekundärlichtes wird durch die Übergangsstruktur 13 in einer Weise gebrochen, dass der Winkel zur Schichtebene flacher wird und dass an der unteren Grenzfläche der

10 Reflexionsschicht – also im Allgemeinen der Grenzfläche zwischen der Reflexionsschicht und Luft –ein Grossteil des Lichtes reflektiert wird. Dieses Licht wird dann beim Übergang in den ersten Schichtaufbau erneut gebrochen und dabei nur zu einem kleinen Teil zurückreflektiert, da es aufgrund der ersten Brechung annähernd lotrecht zu den schrägen Flächen eintrifft. Das Licht kann ungehindert

15 durch die Schichten des ersten Schichtaufbaus propagieren und wird aufgrund des kleinen Brechungsindex der Schichten des ersten Schichtaufbaus und der im Übergangsbereich zum Umgebungsmedium schrägen Flächen auch zu einem grossen Prozentsatz nach vorne abgestrahlt.

Modellrechnungen zeigen, dass der Prozentsatz an nach vorne abgestrahltem Licht

20 von weniger als 25% (ebene Konversionsfolie mit einem Brechungsindex von ca. 1.5) auf ca. 40-50% erhöht werden kann, indem gemäss der Erfindung ein erster und ein zweiter Schichtaufbau mit Brechungsindizes von 1.3 bzw. 1.8 verwendet werden und der Übergang zwischen erstem und zweitem Schichtaufbau aus gegenüber der Horizontalen um ca. 20°-30° verkippten Grenzflächen besteht. Der Prozentsatz kann

25 auf ca. 70% erhöht werden, indem wie in der Figur 1 auch die äussere Oberfläche der Folie aus schrägen Pyramidenflächen zusammengesetzt wird (Winkel: optimalerweise ebenfalls zwischen 20° und 30°).

Insbesondere die zweite Schutzschicht ist optional und kann weggelassen werden. Anstelle einer Konversionsschicht kann die Folie 10 eine Diffusorschicht aufweisen, d.h. anstelle eines Farbstoffs sind in der entsprechenden Schicht Diffusoren vorhanden. In diesem Fall kann im Gegensatz zur obigen Beschreibung das  
5 zurückreflektierte Sekundärlicht nicht ungehindert zur Aussenseite propagieren sondern kann erneut durch die Diffusoren gestreut werden, es dient also quasi erneut als Primärlicht.

Die ganze Folie kann auf einer ebenen Trägerschicht – bspw. Glas – mit guter Transmissivität angebracht sein.

10 Ein erfindungsgemässes Leuchtpaneel ist schematisch in **Figur 1b** dargestellt. Das Paneel besitzt ein Trägerelement 101 aus einem beispielsweise elektrisch leitfähigen Material sowie eine Schichtfolge 102 von elektrisch isolierenden und elektrisch leitenden, strukturierten Schichten. Elektrisch leitenden, strukturierten Schichten können bspw. ein bestimmtes Muster von Leiterbahnen und Kontaktpads bilden. Die  
15 strukturierten elektrisch leitenden Schichten und eventuell auch das Trägerelement dienen für die elektrische Kontaktierung der LED-Chips 103, wozu eventuell auch noch Drahtbonds 109 benötigt werden. In der Figur ist die Strukturierung der leitenden Schichten nicht wiedergegeben. Das Leuchtpaneel besitzt ein oder mehrere mit dem Trägerelement mechanisch verbundene Basiselemente 104 mit blenden-  
20 oder hohlspiegelartigen Öffnungen 105. In der gezeichneten Ausführungsform besitzen die Öffnungen eine parabolspiegelartige Oberfläche, welche zusammen mit der Blendenwirkung dazu beiträgt, dass Licht gerichtet nach vorne (in der Figur nach oben) abgestrahlt wird. Bezüglich eines möglichen Aufbaus von Trägerelement und Basiselementen wird auf die bereits erwähnten Patentanmeldungen  
25 PCT/CH2004/000263, CH 663/04 und CH 1425/04 verwiesen.

Eine Folie 100 mit Konversionsfarbstoff befindet sich entweder unmittelbar auf einer Oberfläche der Basiselemente oder wird durch abstandhaltende Elemente in einem Abstand  $d$  vom Trägerelement angeordnet. Die in Figur 1b gezeichnete Folie ist im Gegensatz zur Folie von Figur 1 so ausgestaltet, dass nur der Übergang zwischen erstem und zweitem Schichtaufbau aus schrägen Flächen besteht. Abstandhaltende Elemente sind vorzugsweise thermisch gut isolierend (d.h. Wärmeleitfähigkeit kleiner als 1.5 W/m, vorzugsweise kleiner als 0.5 W/mK) und können in der Form von Klötzchen, Stäben, Stegen oder ähnlich auf den Basiselementen 104 vorhanden sein (Stäbe 106) oder direkt auf dem Trägerelement oder dessen Beschichtungen abstützen (Stege 107). Sie können auch als transparente Schicht 108 ausgebildet sein, welche die Basiselemente überzieht.

Es ist auch möglich die Folie (+Trägerschicht) gesamthaft in einem „Rahmen“ zu befestigen, den sie gemeinsam mit dem LED-Paneel hat. Ein solcher Rahmen kann auch mehrseitig (bis allseitig) offen sein, also z.B. nur aus einer begrenzten Anzahl, z.B. vier „Pfosten“ bestehen. Zur Seite hin offen ist vorteilhaft, weil dann Luft zirkulieren kann und der Wärmetransport zu Folie hin noch kleiner wird.

Die abstandhaltenden, thermisch und daher meist auch elektrisch isolierenden Elemente 106, 107, 108 können auch im Zusammenhang mit Konversionsfolien verwendet werden, welche die beschriebene Strukturierung mit dem ersten und zweiten Schichtaufbau nicht aufweisen. Wichtig ist dann die thermische Entkopplung zwischen einer eine Vielzahl von LED-Chips überspannenden Folie und den LED-Chips bzw. deren Träger und ggf. Basiselementen. Dies erlaubt wie bereits dargelegt die Verwendung von Farbstoffen, deren Effizienz in Funktion der Temperatur schon bei Temperaturen um 50°C rasch abnimmt.

Andererseits kann die Folie gemäss Figur 1 auch ohne die in Figur 1b dargestellten Basiselemente zum Einsatz kommen. Die Bündelungswirkung, die diese Basiselemente haben, ist nicht unbedingt notwendig, sie erhöht aber den Wirkungsgrad der Einkoppelung in den ersten Schichtaufbau. Das Leuchtpaneel in  
5 **Figur 2** ist beispielsweise ebenfalls nach dem in den Figuren 1, 1a und 1b beschriebenen Prinzip aufgebaut. Es unterscheidet sich vom Leuchtpaneel von Fig. 1b in folgenden Eigenschaften:

- 10 - Das Trägerelement 23 ist lokal räumlich zu Schalen gebogenen oder – wenn es mechanisch nicht steif ist – ist auf einem lokal schalenförmigen Stützelement aufgebracht. Dadurch gibt es eine Überschneidung der von den LED-Chips 25 einer Untergruppe – eine solche kann bspw. aus vier bis sechzehn LED-Chips bestehen – ausgesandten und von den blenden- oder hohlspiegelartigen Elementen 24 gebündelten Lichtstrahlen in einem Abstand  $d$  zum Trägerelement. Der Abstand  $d$  entspricht dem Abstand der Folie vom eigentlichen Paneel-  
15 Grundkörper 22. Das ganze Trägerelement kann insgesamt eine grosse Anzahl von rasterartig angeordneten, schalenartigen Abschnitten mit je einer Untergruppe von LED-Chips besitzen.
- 20 - Die Konversionsfolie 20 (oder Diffusor-Folie) besitzt optional an ihrer Hinterseite (d.h. der den LED-Chips zugewandten Seite) eine zusätzliche Maskenschicht 21, die Licht nur dort durchlässt, wo die eigentlichen Lichtstrahlen hin gerichtet sind. Dadurch werden eventuelle Randeffekte ausgeblendet.
- 25 - Die LED-Chips emittieren in verschiedenen Wellenlängen. Das bedeutet nicht, dass notwendigerweise jeder Chip einer Untergruppe eine individuelle Wellenlänge haben muss, sondern dass mindestens zwei Chips einer Untergruppe

verschiedene Emissionswellenlängen haben. Beispiele für eine Untergruppe von neun Chips sind Wellenlängen von 455, 457.5, 460, 462.5, 465, 467.5, 470, 472.5 und 475 nm falls die Folie eine Konversionsfolie ist oder 3 rote, 2 grüne und 4 blaue Chips falls die Folie eine Diffusor-Folie ist.

- 5 Die hohlspielgelartigen oder blendenartigen optischen Elemente 24 können abweichend von der gezeichneten Ausführungsform auch untereinander zusammenhängend, also Teile eines Basiselementes 14 der in Fig. 1b rechts gezeichneten Art sein.

- Der Vorteil dieses Vorgehens für den Fall von mehreren blaues Licht emittierenden  
10 LED-Chips ist in **Figur 3** illustriert. Dort sind supponierte, jedoch realistische Emissionsspektren 32 von neun LED-Chips (feine durchgezogene Linien) sowie deren Summe 31 (dicke durchgezogene Linie), jeweils normiert, gezeichnet. Ebenfalls dargestellt ist das Absorptionsspektrum 33 eines Konversionsfarbstoffes. Der Darstellung kann man entnehmen, dass bei einer Verschiebung – beispielsweise  
15 aufgrund von Temperaturänderung, Alterung etc. – der zentralen Emissionswellenlänge eines einzelnen LED-Chips auch um beispielsweise weniger als 5 nm der Prozentsatz absorbierten Lichtes massiv ändern kann. Dadurch wird – das kann in der Praxis beobachtet werden – sich die vom Betrachter wahrgenommene Farbe des Leuchtpaneels markant ändern, beispielsweise kann das  
20 Paneel als grün statt als weiss wahrgenommen werden. Bei einer erfindungsgemässen spektralen Verteilung ist hingegen der Absorptionswirkungsgrad unempfindlich gegen eine Verschiebung des Emissionsspektrums um einige nm. Das Maximum des Summen-Emissionsspektrums liegt auch bei Verschiebungen von  $\pm 5$  nm immer in der Nähe  
25 des Absorptionsmaximums.

**Figur 4** zeigt ein Organisches Lichtemittierendes Element (OLED), mit einer auflaminierten erfindungsgemässen Konversionsfolie. Der eigentliche Licht erzeugende Teil ist vereinfacht dargestellt. Er besitzt eine Licht emittierende Schicht 47, welche als Schicht aus transparentem Material mit kleinem Brechungsindex (beispielsweise Teflon,  $n=1.3$ ) gegeben ist. Diese Schicht ist von einer ersten, reflektierenden Elektrode 48 (beispielsweise aus Aluminium) und einer zweiten, transparenten Elektrode 46 (beispielsweise ITO) umgeben ist. Darauf auflaminiert – oder sonstwie befestigt – ist die Reflexionsfolie mit zweitem Schichtaufbau bestehend aus Reflexionsschicht 45 und ersten Schichtaufbau, bestehend aus der optionalen zweiten Schutzsschicht 43, der Konversionsschicht 42 und der ersten Schutzschicht 41. Bezüglich der möglichen Materialien, Brechungsindizes sowie Geometrie der Übergangsstruktur 44 und Wirkungsweise wird auf die Beschreibung von **Figur 1** verwiesen.

Der Wirkungsgrad des OLED-Aufbaus wird wesentlich besser, wenn die Licht emittierende Schicht ebenfalls eine „Zick-Zack-Struktur“ aufweist (d.h. Grenzflächen besitzt, welche zur Schichtungsebene einen Winkel bilden, siehe **Figur 4a**). Zwischen der an der Unter- (bzw. Hinter-)seite ebenen Reflexionsschicht 144 (d.h. dem zweiten Schichtaufbau) und den Elektroden und Licht emittierenden Schichten entsteht daher ein Zwischenraum 148. Dieser Zwischenraum bzw. diese Zwischenräume 148 sind dann bspw. mit Luft oder einem Edelgas gefüllt. Ein ebenes Enden der Reflexionsschicht 144 gegen Luft, erhöht den Wirkungsgrad, und es findet kein lateraler Lichttransport in der lichtemittierenden Schicht 146 des OLED statt.

**Figur 5** zeigt einen Querschnitt durch einen Abschnitt eines Leuchtpaneels gemäss dem zweiten Aspekt der Erfindung. Auf einem vereinfacht dargestellten Trägerelement 51 – es kann ein mit einer isolierenden Schicht und einer strukturierten Leiterschicht versehenes metallisches Substrat, eine beidseitig mit



einer (teilweise strukturierten) Leiterschicht versehene Flex-Leiterplatte – bspw. aus Kapton – oder irgend ein anderes geeignetes Substrat sein – ist ein ungehäuster LED-Chip 52 dargestellt. Im Gegensatz zur vereinfachten Darstellung der vorangehenden Figuren ist der LED-Chip in einer typischen Form gezeichnet, in welcher er nebst  
5 einer vorderen Emissionsfläche 52.1 auch seitliche schräge Emissionsflächen 52.2 aufweist. Der Prozentsatz von Licht, welches durch diese seitlichen Emissionsflächen emittiert wird, ist substantiell. Der ganze Aufbau inklusive Drahtbond 53 (bspw. Golddraht, Durchmesser 25  $\mu\text{m}$ ) ist lokal – d.h. in einer Umgebung des LED-Chips 53 – mit einem Schichtaufbau versehen. Dieser besteht  
10 aus einer optionalen ersten Schutzschicht 54a, einer den Konversionsfarbstoff enthaltenden Schicht 54b und einer ebenfalls optionalen zweiten Schutzschicht 54c. Die Dicke des ganzen Schichtaufbaus ist so, dass er der Form des Chips folgt, also nicht bzw. nicht wesentlich dicker ist als dieser. Die Gesamtdicke ist beispielsweise kleiner oder gleich 2  $\mu\text{m}$ . Die ersten und zweite Schutzschicht bestehen  
15 beispielsweise je aus  $\text{SiO}_x$ , die Konversionsschicht 54b aus co-gesputterten  $\text{SiO}_x$  und Farbstoff.

Für die Serienherstellung des Leuchtpaneels gemäss dem zweiten Aspekt der Erfindung wird das ganze Paneel gleichzeitig in einem Batch-Prozess mit dem Schichtaufbauten versehen. Dazu wird eine Maske so positioniert, dass definierte  
20 Zonen entstehen, in denen jeweils ein Chip und allenfalls der Kontaktpad des bereits angebrachten Drahtbondes eingebettet ist. Anschliessend werden der Reihe nach ggf. die erste Schutzschicht, die Konversionsschicht und ggf. die zweite Schutzsschicht aufgesputtert. Anstelle eines Sputterprozesses kann auch ein anderes Vakuum-Beschichtungsverfahren angewandt werden. Alle Prozesse können ablaufen, ohne  
25 das Vakuum zu brechen. Anstelle von Vakuum-Beschichtungsprozessen sind auch andere Herstellungsverfahren denkbar, bspw. das Aufrakeln durch eine Maske.

Gemäss einer nicht gezeichneten Variante der Ausführungsform von Fig. 5 überzieht der Schichtaufbau („die Konversionshülle“) mit der Konversionsfarbstoff enthaltenden Schicht 54b nicht nur je eine Umgebung jedes LED-Chips sondern das ganze Paneel oder mindestens mehrere LED-Chips aufweisende Teilflächen des Paneels. In dieser Variante kann die Maske bei der Herstellung entfallen. Pads zur späteren Kontaktierung des gesamten Aufbaus (d.h. für den Anschluss des Paneels oder von Teilstücken davon an eine elektrische Spannungsquelle) können dabei entweder abgedeckt werden, oder die Konversionshülle kann an den geeigneten Stellen durchbrochen werden. Die gezeichnete Variante mit der lokal begrenzten Hülle ist insbesondere dann sinnvoll, wenn in der Nähe jedes Chips metallische Reflektoren vorhanden sind, welche einen Wärmeabtransport besorgen. Dann ist in Überziehen dieser Reflektoren mit einer Konversionsschicht im Allgemeinen eher unerwünscht.

Leuchtpaneele gemäss dem zweiten Aspekt der Erfindung haben den Vorteil, dass sie inklusive Konversionsschicht sehr dünn sein können und dass in einem einfachen Batch-Prozess ein Schichtaufbau zur Verfügung gestellt werden kann, welcher sowohl eine Konversions- wie auch eine Schutzfunktion wahrnehmen kann.

In **Figur 6** (untere Zeichnung) ist ein Leuchtpaneel nach dem zweiten Unteraspekt des zweiten Aspekts der Erfindung dargestellt. Die Konversionshülle – d.h. der Schichtaufbau aus optionalen ersten und zweiten Schutzschichten 64a, 64c und Konversionsschicht 64b – ist aber so ausgebildet, dass die vordere Kontaktfläche 62a des Chips 62 von ihr frei ist. Der Schichtaufbau bedeckt auch Kontaktflächen („Contact Pads“) des Trägerelements 62 (d.h. des Substrats) nicht. Dafür ist eine durchsichtige, elektrisch leitende Schicht 65 vorhanden, welche den Chip und seine Umgebung lokal bedeckt und einen elektrischen Kontakt zwischen den peripheren Kontaktflächen des Trägerelementes und der vorderen Kontaktfläche 62a des Chips herstellt. Diese Ausführungsform hat wie bereits ausgeführt die Vorteile, dass kein

Drahtbond benötigt wird und dass ein Potential vorhanden ist, die Packungsdichte zu erhöhen.

Ein Verfahren zum Aufbringen der Konversionshülle kann wie folgt ausgestaltet sein:

- 5 In einem ersten Schritt werden die Chips auf dem Trägerelement positioniert, worauf mittels eines ‚die-bond‘-Prozesses die hintere Kontaktfläche 62b der Chips mit einer entsprechenden Kontaktfläche des Trägerelements verbunden wird. Anschliessend werden eine erste und eine zweite Maske 66 bzw. 67 so positioniert, dass nur eine Umgebung jedes Chips freiliegt, aber die vordere Kontaktfläche 62a
- 10 der Chips und auch die Kontaktpads des Trägerelements abgedeckt sind. Eine Darstellung der beiden Masken 66, 67 findet man in der oberen Zeichnung der Figur 6. Zum Abdecken der vorderen Kontaktfläche besitzt die zweite Maske 67 ein Abschirmelement 67b, welches beispielsweise durch einige radial verlaufende Drähte 67c gehalten wird. Das Abschirmelement 67b kann auf dem Chip aufliegen,
- 15 da keine Drahtbonds vorhanden sind, welche durch die Maske beschädigt werden könnten. Als dritter Schritt erfolgt das Auftragen der Schichten der Konversionshülle in einem Vakuum-Batch-Prozess wie bspw. durch Sputtern. Dann wird die zweite Maske 67 weggeschwenkt, was die vordere Kontaktfläche der Chips und die Kontaktpads freilegt. Anschliessend erfolgt das Beschichten mittels ITO oder einem
- 20 anderen transparenten elektrisch leitenden Material. Vorzugsweise wird während des Prozesses das Vakuum nicht gebrochen.

- Die erste Maske 66 kann im Herstellungsprozess eventuell entfallen, nämlich dann, wenn alle LED-Chips (bzw. alle LED-Chips einer Teilfläche) elektrisch parallel geschaltet sind. Eine weitere Alternative ist das Kontaktieren mittels eines im
- 25 Bereich des LED-Chips radial verlaufenden schmalen metallischen Streifens.

Die relative Positionsgenauigkeit zwischen jedem Chip eines Paneels und jedem entsprechenden Maskenteil muss in x- und y-Richtung (d.h. beiden Richtungen in der Trägerelement-Ebene) jeweils innerhalb von höchstens  $\pm 70 \mu\text{m}$  liegen. Das ist auch für grosse Paneele noch erreichbar. Die abzuschattende vordere Kontaktfläche der Chips hat einen Durchmesser von bspw.  $120 \mu\text{m}$ . Damit die radial verlaufenden Drähte keine unerwünschten offenen Bahnen in der Konversionshülle verursachen sollten diese einen minimalen Abstand vom Chip haben. Die Drähte sind deshalb entsprechend gebogen.

In Figur 6a ist Ausführungsform gemäss dem Prinzip von Figur 6 gezeichnet. Der gezeichneten Ausschnitt aus einem Leuchtpaneel 160 weist einen auf einem Substrat 161 aufgebrachten LED-Chip 162 auf. Dieser ist Hilfe einer der zweiten Maske 67 von Fig. 6 entsprechenden Maske mit einer elektrisch isolierenden, transparenten Schutzschicht 164a versehen, welche sich auch auf eine Umgebung des Chips erstrecken kann. Auf dieser befindet sich eine transparente, elektrisch leitende Schicht 165 (bspw. ITO), welche einen elektrischen Kontakt zwischen der vorderen Chip-Kontaktfläche 162a und einem peripher angeordneten Kontakt'pad' bewirkt. Die transparente, elektrisch leitende Schicht 165 ist bspw. mit Hilfe einer der ersten Maske von Fig. 6 entsprechenden Maske strukturiert. Alternativ zu der transparenten, elektrisch leitenden Schicht kann auch eine Kontaktierung über streifenförmige, metallische Elemente, bspw. erfolgen, beispielsweise über Aluminiumstreifen. Der ganze Aufbau ist mit einem Schichtsystem versehen, welches auf einem Träger, nämlich einer Trägerfolie 166a – hier aus amorphem Teflon – aufgebracht ist. Bei dem Schichtsystem handelt es sich in der gezeichneten Ausführungsform um das vorstehend beschriebene Schichtsystem mit einem zweiten Schichtaufbau 166b (hochbrechende Reflexionsschicht) und einem ersten Schichtaufbau 166c (Konversionsschicht und optional Schutzschichten aus bspw. Teflon oder  $\text{SiO}_x$ ). Das Schichtsystem ist vorzugsweise flächig aufgebracht, d.h. es bedeckt mindestens eine Teilfläche des ganzen Paneels, welche eine Mehrzahl von LED-Chips beinhaltet.

Die Konversionsfolie (bestehend aus Trägerfolie 166a und Schichtsystem) kann eben grossflächig hergestellt und nachträglich heiss auf das Paneel aufgebracht werden, so dass es die Form des Chips mitmacht. Dies kann mittels eines Formenstempels oder mit einem Gas mit leichtem Überdruck geschehen. Am besten wird das LED-Paneel ganzflächig mit der Konversionsfolie versehen und die Folie wo nötig nachträglich lokal durch Ätzen, oder Lasern oder Schneiden und abziehen (o.ä.) entfernt.

Die Konversionsfolie adressiert das auch bei den Ausführungsformen von Fig. 5 und 6 vorhandene Problem des vom Konversionsfarbstoff zurückgestrahlten Lichtes. Es muss verhindert werden, dass ein grosser Teil des sekundären Lichtes einfach wieder vom Chip geschluckt wird. Die Konversionsfolie von Figur 6a wirkt wie die Ausführungsform vom Fig. 1 und bringt eine unter Umständen starke Erhöhung des Anteils an ausgekoppeltem Sekundärlicht. Die Konversionsfolie mit der niedrigbrechenden Trägerfolie ( $n=1.3$ ) hat den kleinen Nachteil, dass im Vergleich zu  $n=1.5$  weniger primäres Licht aus dem Chip ausgekoppelt wird. Dank der schiefen Seitenflächen des Chip beträgt diese Reduktion aber nur 1%, was durch die vorteilhafte Wirkung der Konversionsfolie natürlich mehr als kompensiert wird. Insgesamt resultiert eine wesentliche Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades.

Die Konversionsfolie kann – dies lediglich als Beispiel – wie folgt hergestellt sein:

Es wird eine Formfläche mit Pyramiden (gemäss Fig. 1 und Fig. 1a oder vergleichbar) verwendet. Solche existieren bspw. in der Form von anisotrop geätztem Silizium. Diese wird mit einem dünnen Film beschichtet, welche später ein Ablösen der Folie ermöglicht. Dann wird die Konversionsschicht bzw. der erste Schichtaufbau bspw. durch Co-Sputtern wie hergestellt. Anschliessend erfolgt ein Füllen der Struktur mit der Reflexionsschicht (d.h. dem zweiten Schichtaufbau), bspw. in der Form von Resist aus Polyimid, oder ein Sol-Gel-Prozess für HMO-Glas.

Dann wird die Trägerfolie aus transparentem Teflon auf die entstandene ebene Oberfläche auflaminiert, und die Form wird abgezogen und ist u.U. wiederverwendbar.

Die im Vergleich zu Figur 6 in Figur 6a zwischen der ITO-Schicht und der  
5 Konversionsschicht vertauschte Schichtenreihenfolge kann natürlich auch bei  
Ausführungsformen zum Einsatz kommen, bei denen kein erfindungsgemäss  
strukturiertes Schichtsystem mit erstem und zweitem Schichtaufbau verwendet wird.  
Die Konversionsfolie von Fig. 6a kann auch im Aufbau analog zu Fig. 5 verwendet  
werden, wobei dann die Konversionsfolie an Stellen von eventuell vorhandenen  
10 Drahtbonds entsprechende Aussparungen aufweisen kann, damit beim Auftragen die  
Kontaktierungen nicht beschädigt werden.

Die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen sind bloss Beispiele, wie die  
Erfindung umgesetzt werden kann. Es besteht eine Vielzahl von anderen  
Möglichkeiten.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Lichtemittierendes Paneel mit einer Mehrzahl von ungehäusten, auf einem Träger aufgebrachten und elektrisch kontaktierten lichtemittierenden Dioden (103, 25), wobei das Paneel abschnittsweise flächig ist, gekennzeichnet durch  
5 eine optisch wirksame, flüssigkeitsdichte Folie (10, 100, 20), die so angebracht ist, dass sie eine Mehrzahl von Dioden vor Umwelteinflüssen schützend abdeckt und von diesen abgesandtes Licht beeinflusst.
2. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie von distanzhaltenden Elementen (106, 107, 108) in einem Abstand zu  
10 den LED-Chips gehalten wird, wobei die distanzhaltenden Elemente bspw. in einem regelmässigen Raster oder flächig über das Paneel verteilt und aus nicht-metallischem Material sind, oder die distanzhaltenden Elemente am Rand des Paneels angebracht sind.
3. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
15 dass die Folie einen ersten und einen zweiten Schichtaufbau beinhaltet, die nebeneinander angeordnet sind und zusammen ein Schichtsystem bilden, welches eine Schichtungsebene definiert, die die x-y-Ebene eines kartesischen Koordinatensystems ist, wobei der erste Schichtaufbau mindestens eine  
Floureszenzfarbstoff oder Diffusoren enthaltende Schicht (12) aufweist, wobei  
20 der Brechungsindex der oder jeder Schicht des ersten Schichtaufbaus kleiner ist als der optische Brechungsindex der oder jeder Schicht des zweiten Schichtaufbaus, wobei der zweite Schichtaufbau auf der den lichtemittierenden Dioden zugewandten Seite angeordnet ist, und wobei der Übergang (13) zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau Grenzflächen beinhaltet,

die zu der Schichtungsebene einen Winkel bilden, oder wobei der Übergang gewellt ist.

- 5 4. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine äussere Begrenzung der Folie, also ein Übergang zwischen dem ersten Schichtaufbau und einem Umgebungsmedium Grenzflächen beinhaltet, die zu der Schichtungsebene einen Winkel bilden, oder dass die äussere Begrenzung gewellt ist.
- 10 5. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Variation der Position in z-Richtung des Überganges zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau im kartesischen Koordinatensystem mindestens  $\frac{2}{3}$  der Dicke des ersten Schichtaufbaus beträgt und der Verlauf des Überganges zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau mit dem Verlauf des Überganges zwischen dem ersten Schichtaufbau und dem Umgebungsmedium korreliert, dergestalt, dass die Dicke des ersten Schichtaufbaus in Funktion der
- 15 x- und y-Position mindestens näherungsweise konstant ist.
- 20 6. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet dass der Winkel zwischen Grenzflächen zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau und der x-y-Ebene zwischen  $12^\circ$  und  $45^\circ$ , vorzugsweise weniger als  $45^\circ$  und beispielsweise zwischen  $15^\circ$  und  $35^\circ$  beträgt.
7. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Schichtaufbau nebst der Fluoreszenzfarbstoff oder Diffusoren enthaltenden Schicht (12) auch eine die Folie gegen das



Umgebungsmedium hin abschliessende erste transparente Schutzschicht (11) und vorzugsweise auch eine die der ersten Schutzschicht gegenüberliegende Seite der Fluoreszenzfarbstoff oder Diffusoren enthaltenden Schicht (12) angeordnete zweite transparente Schutzschicht (13) aufweist.

- 5     8.    Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 3-7, dadurch gekennzeichnet, dass der Brechungsindex jeder Schicht des ersten Schichtaufbaus maximal 1.5, vorzugsweise maximal 1.4, und der Brechungsindex jeder Schicht des zweiten Schichtaufbaus mindestens 1.6, vorzugsweise mindestens 1.7 beträgt.
- 10    9.    Lichtemittierendes Paneel nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei jedem LED-Chip oder jeder Einheit von mehreren beieinander angeordneten LED-Chips ein hohlspiegelartiges oder blendenartiges optisches Element (24) zugeordnet ist, durch welches das vom LED-Chip bzw. von den LED-Chips ausgesandte Licht in je einen bestimmten Raumwinkel um eine optische Achse
- 15    bündelbar ist, wobei die hohlspiegelartigen oder blendenartigen Elemente von mindestens einer Untergruppe mit mehreren LED-Chips bzw. Einheiten von LED-Chips so ausgerichtet sind, dass die optischen Achsen der Untergruppe zusammenlaufen und dass sich das durch die LED-Chips der Untergruppe erzeugte Licht am Ort der Konversionsfolie mindestens teilweise überlagert,
- 20    und wobei mindestens zwei LED-Chips der Untergruppe voneinander verschiedene Emissionswellenlängen haben.
10.   Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie einen fluoreszierenden Farbstoff enthält und dass die LED-Chips jeder Untergruppe blaues und/oder ultraviolettes Licht in unterschiedlichen
- 25    Wellenlängen emittieren.

11. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie Diffusoren enthält und dass jede Untergruppe mindestens je einen blauen Licht, grünes Licht und rotes Licht emittierenden LED-Chip aufweist.
12. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass an einer den LED-Chips zugewandten Seite der Folie eine lichtundurchlässige Maskenschicht vorhanden ist, welche Aussparungen dort aufweist, wo sich die Raumwinkel der LED-Chips der Untergruppe bzw. der Untergruppen überschneiden.
13. Schichtsystem zur mindestens teilweisen Umwandlung von von einer ersten Seite einfallendem Primärlicht in auf eine zweite Seite abgestrahltes Sekundärlicht, aufweisend einen ersten und einen zweiten Schichtaufbau, wobei der erste und der zweite Schichtaufbau nebeneinander angeordnet sind und zusammen ein Schichtsystem bilden, welches eine Schichtungsebene als x-y-Ebene eines kartesischen Koordinatensystems definiert, wobei der erste Schichtaufbau mindestens eine Fluoreszenzfarbstoff oder Diffusoren enthaltende Schicht zur mindestens teilweisen Umwandlung des Primärlichts in das Sekundärlicht aufweist, wobei der Brechungsindex der oder jeder Schicht des ersten Schichtaufbaus kleiner ist als der optische Brechungsindex der oder jeder Schicht des zweiten Schichtaufbaus, und wobei der Übergang zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau Grenzflächen beinhaltet, die zu der Schichtungsebene einen Winkel bilden oder wobei der Übergang gewellt ist.
14. Schichtsystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine äussere Begrenzung des Schichtsystems, also ein Übergang zwischen dem ersten Schichtaufbau und einem Umgebungsmedium, Grenzflächen beinhaltet, die zu

der Schichtungsebene einen Winkel bilden, oder dass die äussere Begrenzung gewellt ist.

15. Schichtsystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Variation der Position in z-Richtung des Überganges zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau im kartesischen Koordinatensystem mindestens  $\frac{2}{3}$  der Dicke des ersten Schichtaufbaus beträgt und der Verlauf des Überganges zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau mit dem Verlauf des Überganges zwischen dem ersten Schichtaufbau und dem Umgebungsmedium korreliert, dergestalt, dass die Dicke des ersten Schichtaufbaus in Funktion der x- und y-Position mindestens näherungsweise konstant ist.
16. Schichtsystem nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet dass der Winkel zwischen Grenzflächen zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau und der x-y-Ebene zwischen  $12^\circ$  und  $45^\circ$ , vorzugsweise weniger als  $45^\circ$  und beispielsweise zwischen  $15^\circ$  und  $35^\circ$  beträgt.
17. Organisches lichtemittierendes Element mit einem lichtemittierenden Aufbau (42), welcher zwischen einer ersten, nicht transparenten Elektrode und einer zweiten, transparenten Elektrode angeordnet ist, und mit einem auf der der transparenten Elektrode zugewandten Seite angeordneten Schichtsystem nach einem der Ansprüche 13 bis 16.
18. Lichtemittierendes Paneel mit einem Trägerelement (51, 61) und einer Vielzahl von darauf angeordneten ungehäuten LED-Chips (52, 62), wobei mindestens einige der LED-Chips mit einer Konversionsfarbstoff enthaltenden, direkt auf

dem LED-Chip aufgebrachten Hülle versehen sind, wobei die Dicke dieser Hülle so ist, dass die Hülle der Form des LED-Chips folgt.

19. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Hülle maximal 10  $\mu\text{m}$  beträgt.
- 5 20. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülle eine äussere zweite Schutzschicht (64c), eine den Konversionsfarbstoff enthaltende Schicht (64b) sowie optional eine erste, direkt am LED-Chip anliegende Schutzschicht (64a) enthält.
- 10 21. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülle jeweils nur lokal in der Umgebung jedes LED-Chips vorhanden ist und zwischen den LED-Chips nicht mit der Hülle versehene Abschnitte vorhanden sind.
- 15 22. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 18-21, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kontaktfläche des LED-Chips über einen Drahtbond (53) mit einem Kontaktpad elektrisch verbunden ist, und dass die erste Kontaktfläche und der Kontaktpad mit der Hülle beschichtet sind.
- 20 23. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 18-21, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kontaktfläche (62a) des LED-Chips sowie ein Kontaktpad frei von der Hülle sind, und dass die Hülle, die Kontaktfläche und der Kontaktpad mit einer transparenten elektrisch leitfähigen Schicht (65)

beschichtet sind, oder dass die Kontaktfläche und der Kontaktpad mit einer streifenförmigen metallischen Schicht elektrisch verbunden sind.

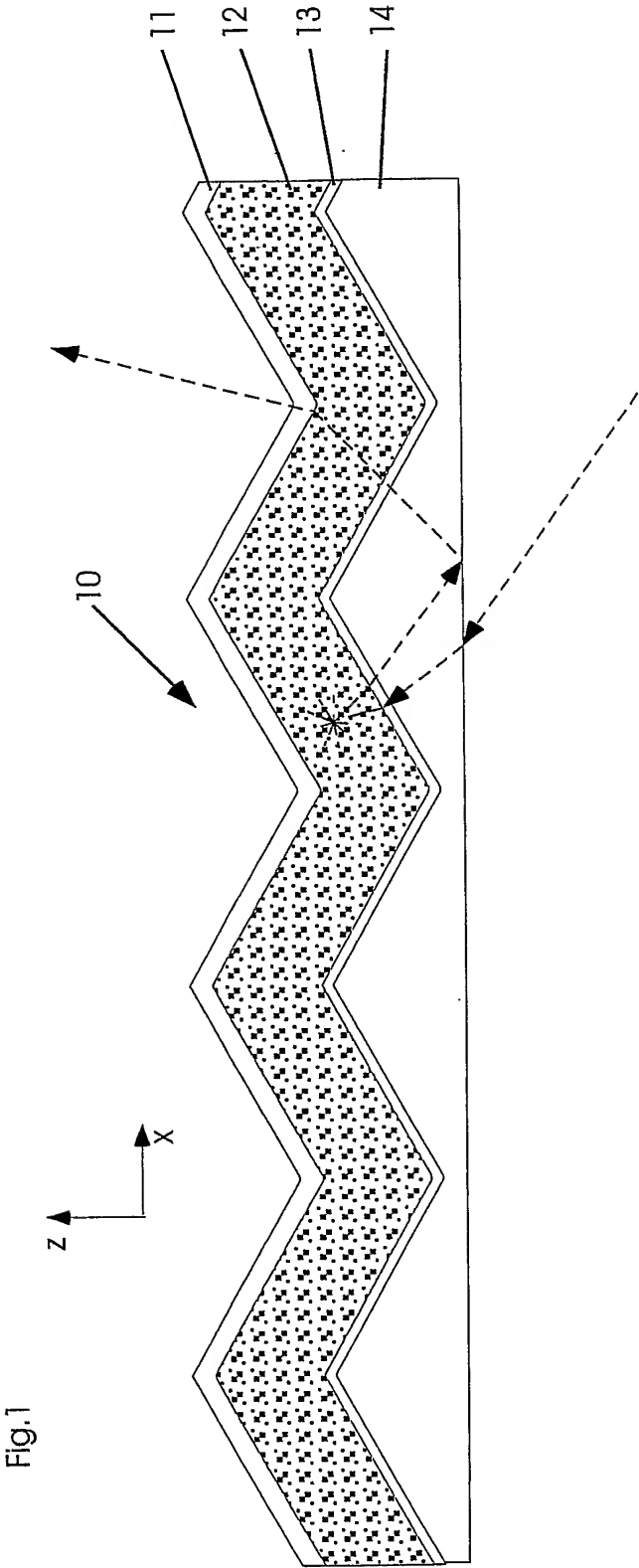
24. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 18 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülle ein Schichtsystem nach einem der Ansprüche 13 bis 16 beinhaltet.
25. Verfahren zum Herstellen eines lichtemittierenden Paneels nach einem der Ansprüche 18-23, wobei ein Trägerelement 61 mit einer Mehrzahl von LED-Chips versehen wird und dieses in einem 'batch'-Prozess im Vakuum mit den Konversionsfarbstoff enthaltenden Hüllen versehen wird.
26. Verfahren nach Anspruch 25 bezogen auf Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Kontaktpad und die Kontaktfläche vor dem Beschichten miteinander über den Drahtbond elektrisch verbunden werden.
27. Verfahren nach Anspruch 25 bezogen auf Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichten mit der Hülle durch eine zweiten Maske (67), welche die ersten Konaktflächen (62a) und die Kontaktpads abdeckt, hindurch erfolgt und dass das anschliessende Beschichten mit dem transparenten elektrisch leitfähigen Material durch eine erste Maske (66) hindurch erfolgt, welche Zwischenräume zwischen LED-Chips abdeckt, so dass das elektrisch leitfähige Material benachbarter LEDs nicht miteinander in Kontakt kommt.

## ZUSAMMENFASSUNG

Es wird ein lichtemittierendes Paneel zur Verfügung gestellt, welches eine Mehrzahl von ungehäusten LED-Chips sowie eine Folie aufweist, welche eine Mehrzahl von LED-Chips vor Umwelteinflüssen schützend abdeckt und von diesen abgesandtes  
5 Licht mindestens teilweise beeinflusst, beispielsweise frequenzkonvertiert. Die Folie ist eine Konversionsfolie oder eine Diffusorfolie, d.h. sie enthält floureszierende Farbstoffe und/oder Diffusoren. Der Floureszenzfarbstoff (er wird hier auch Konversionsfarbstoff genannt) und/oder die Diffusoren sind in einen ersten Schichtaufbau eingebettet. Ein zweiter Schichtaufbau ist auf der den  
10 lichterzeugenden Elementen zugewandten Seite des ersten Schichtaufbaus angeordnet. Alle Schichten des ersten Schichtaufbaus und alle Schichten des zweiten Schichtaufbaus haben je einen ähnlichen Brechungsindex. Hingegen gibt es einen substantiellen Unterschied zwischen den Brechungsindizes der Schichten des ersten Schichtaufbaus und der Schichten des zweiten Schichtaufbaus, wobei der  
15 Brechungsindex der Schichten des ersten Schichtaufbaus klein – beispielsweise kleiner als 1.5, und der Brechungsindex der Schichten des zweiten Schichtaufbaus möglichst gross – beispielsweise grösser als 1.5 – ist. Der Übergang zwischen einer Grenzschicht des ersten Schichtaufbaus und einer Grenzschicht des zweiten Schichtaufbaus ist nicht flach sondern besitzt zur Schichtungsebene einen Winkel  
20 bildende oder eventuell gewellte Grenzflächen. Gemäss einem weiteren Aspekt der Erfindung können ungehäuste LED-Chips mit einer sie überziehenden Hülle mit Konversionsfarbstoff versehen sein.

(Figur 1)

1/g



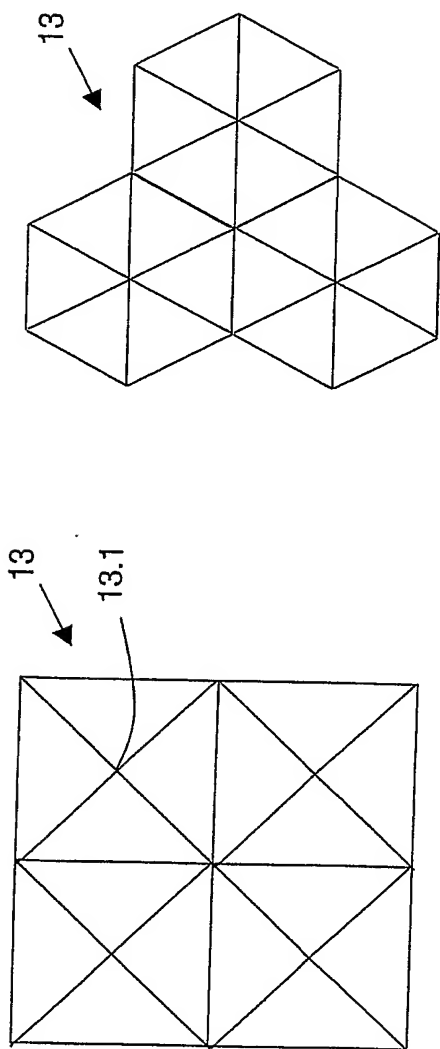


Fig. 1a

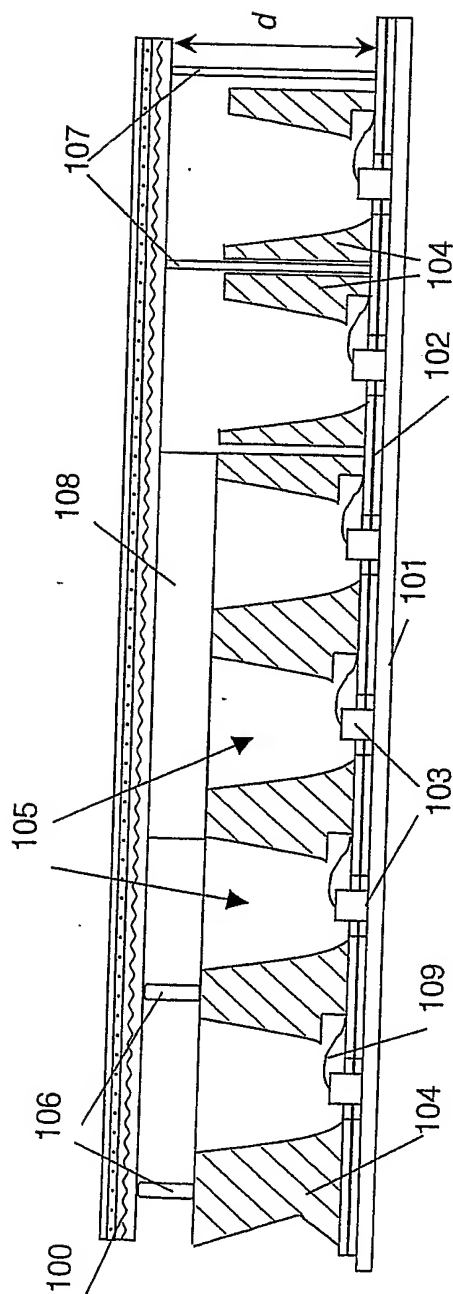
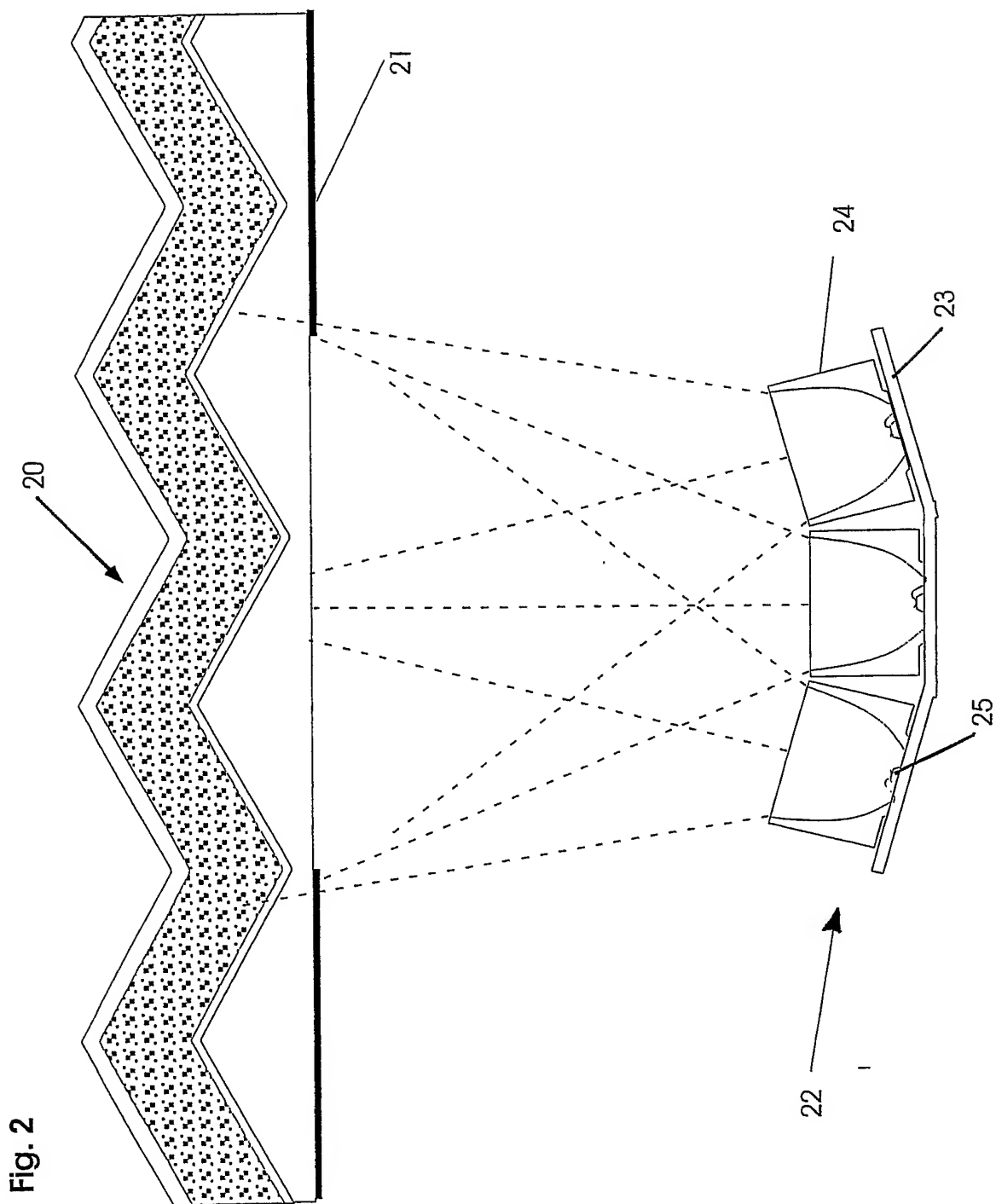


Fig. 1b





4/9

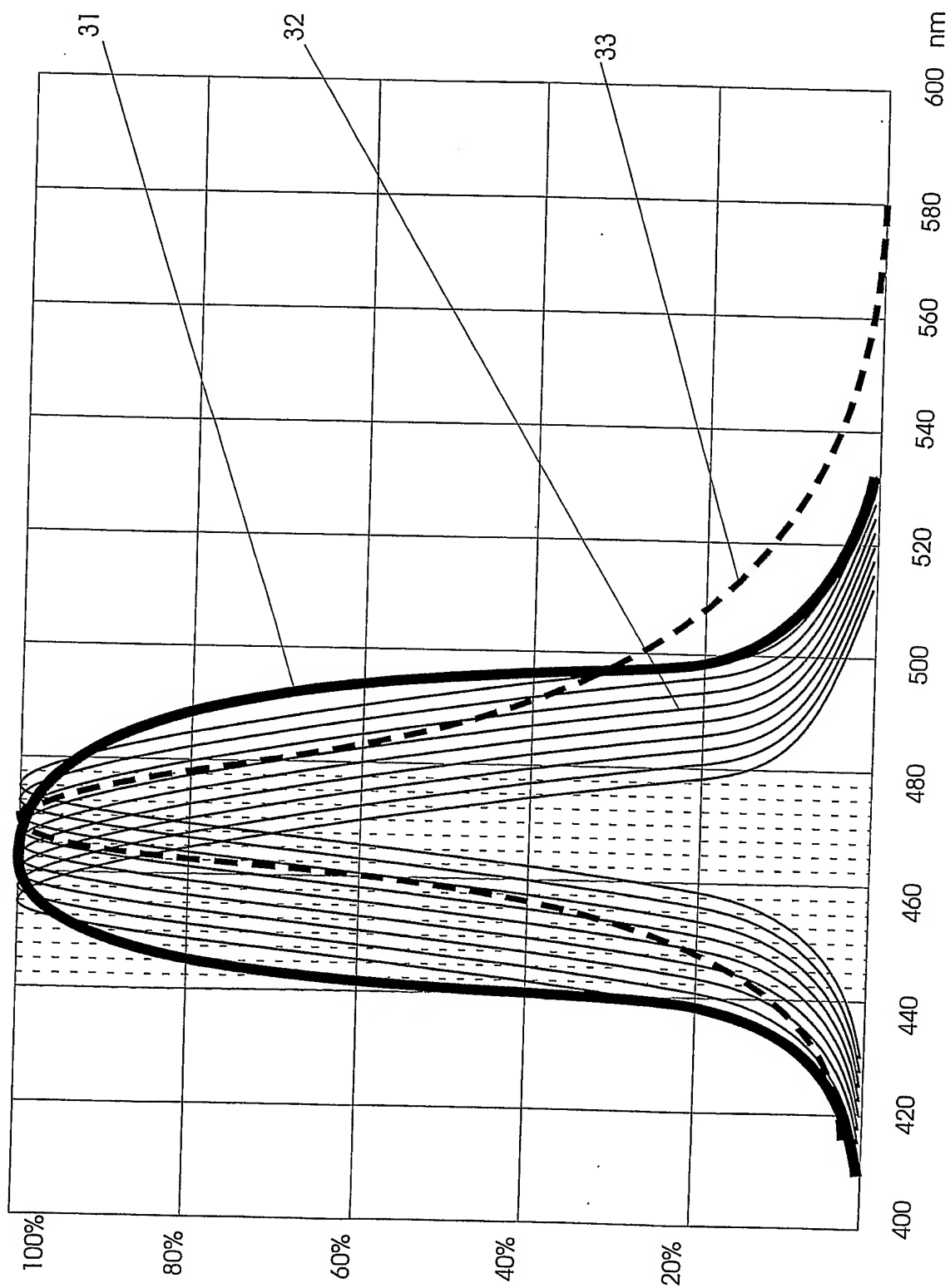
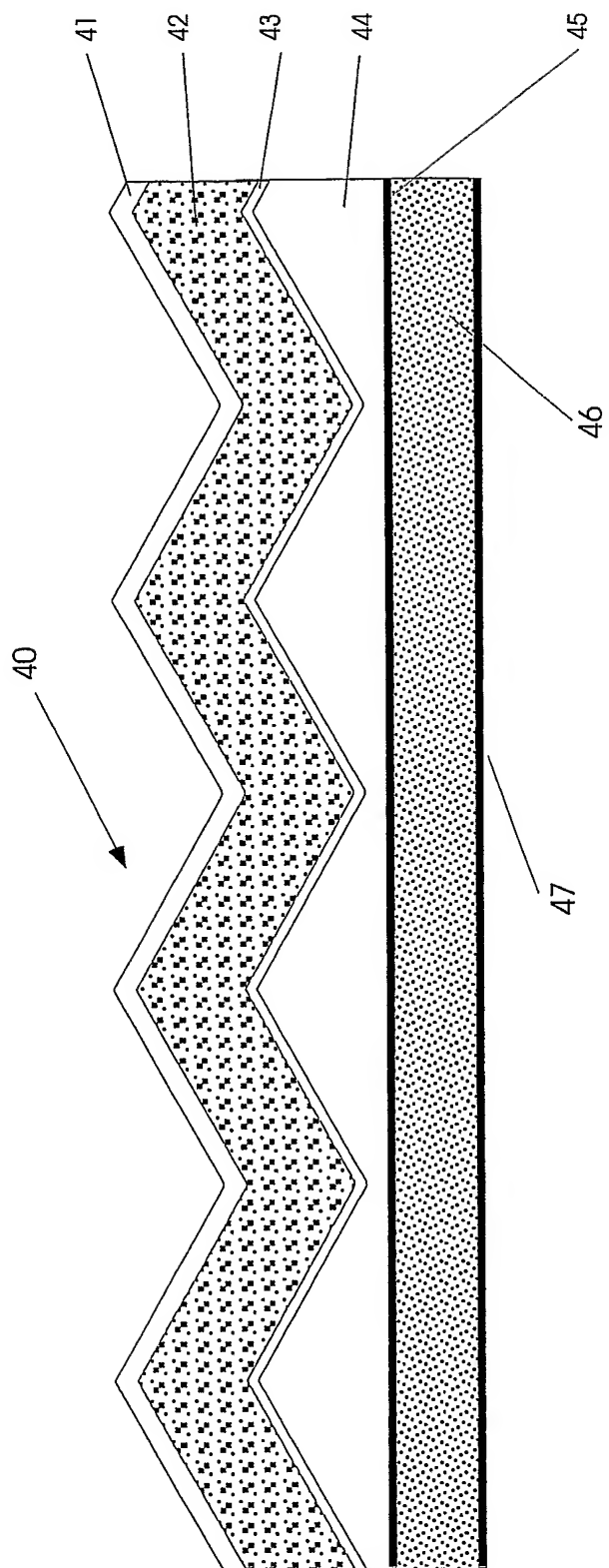


Fig. 3

5/9

Fig. 4



6/9

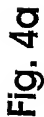
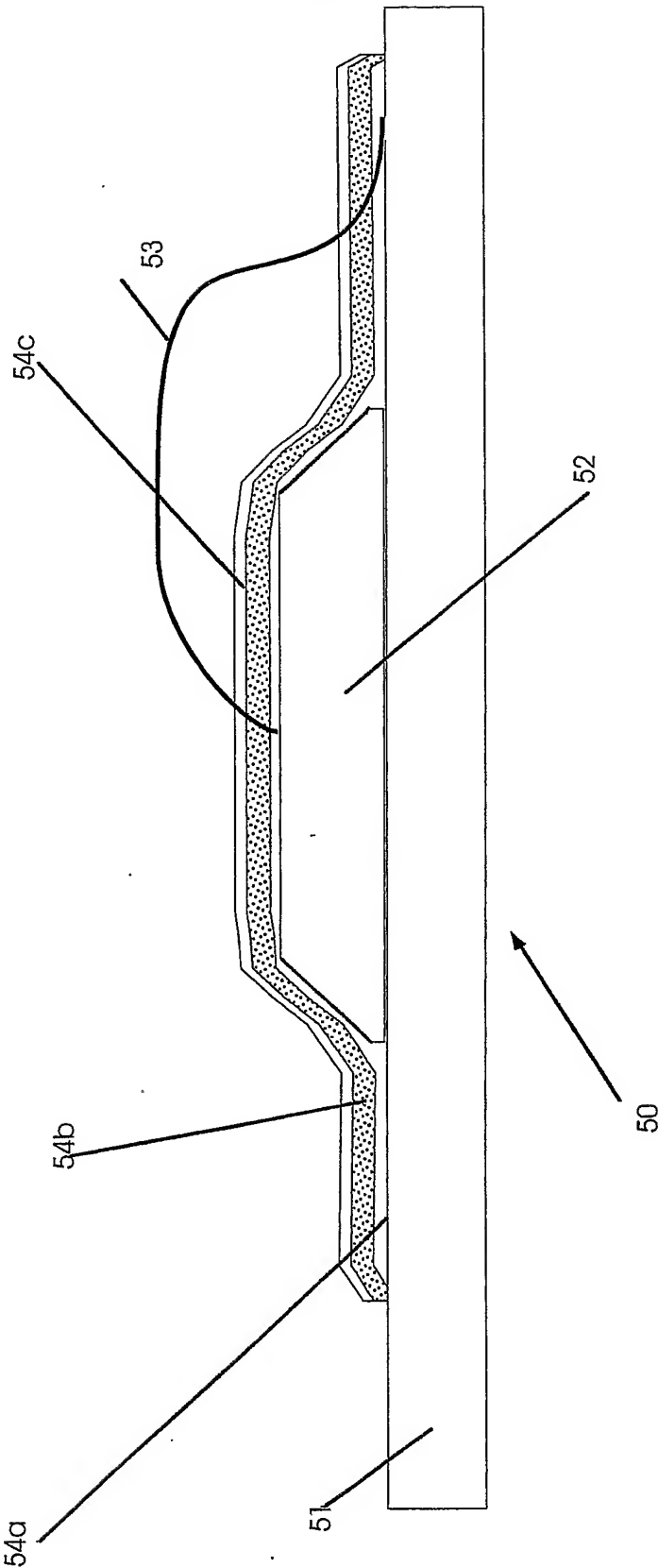
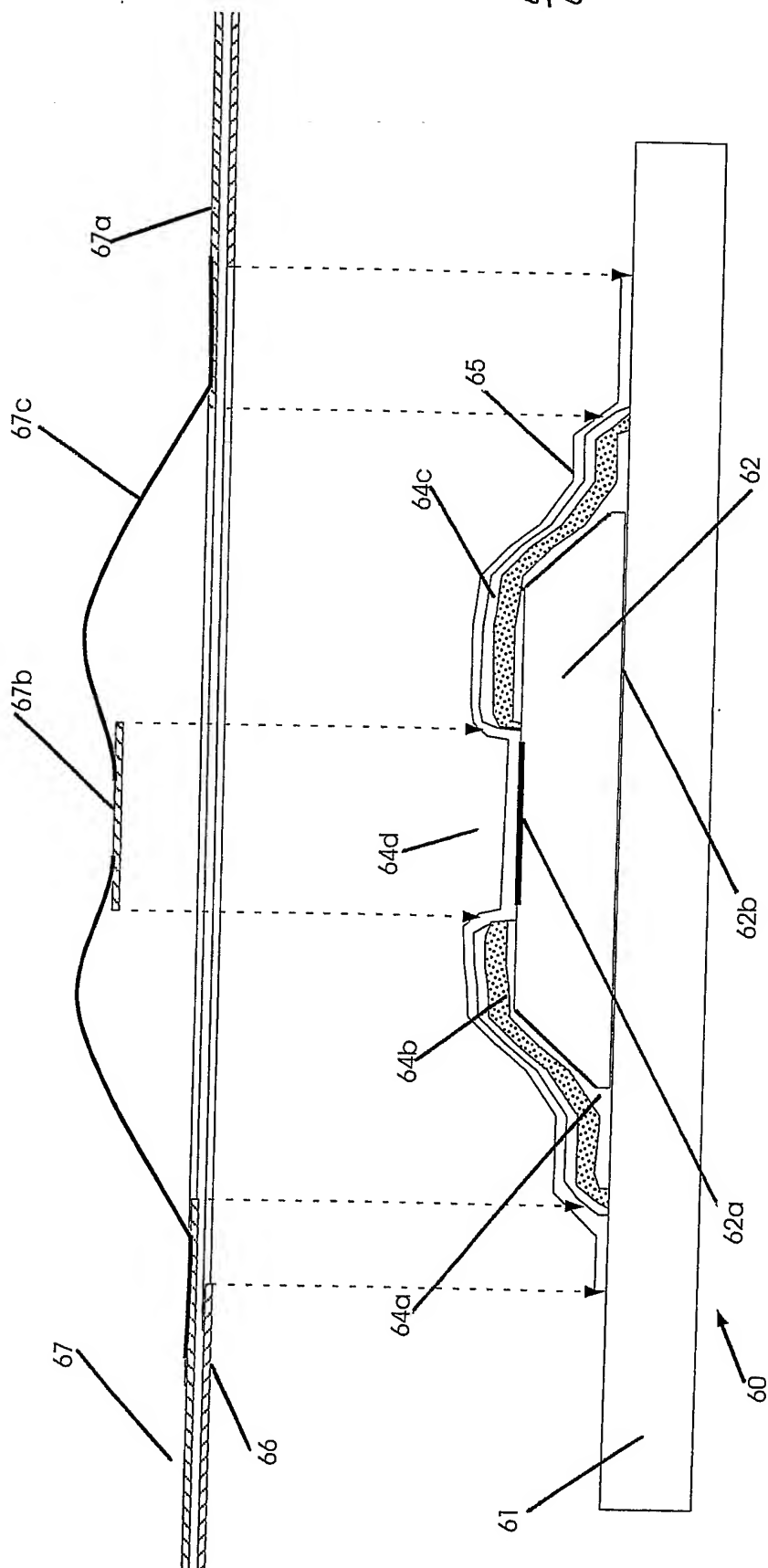


Fig.5



819

Fig.6



9/9

